



УКРАЇНА

(19) UA (11) 58743 (13) U
(51) МПК
G06F 17/15 (2011.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ АВТОКОРЕЛЯЦІЙНОЇ МІРИ ЕНТРОПІЇ

1

2

(21) u201011297

(22) 22.09.2010

(24) 26.04.2011

(46) 26.04.2011, Бюл.№ 8, 2011 р.

(72) НИКОЛАЙЧУК ЯРОСЛАВ МИКОЛАЙОВИЧ,
ВОРОНИЧ АРТУР РОМАНОВИЧ, ПОГОНЕЦЬ
ІГОР ОЛЕГОВИЧ

(73) ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕ-
ХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

(57) Пристрій для визначення автокореляційної міри ентропії, що містить аналого-цифровий перетворювач, синхронізатор, групу з N регістрів, N елементів I, N суматорів, групу елементів HI, входи запису групи регістрів, які об'єднані з входом запуску аналого-цифрового перетворювача та підключені до першого виходу синхронізатора, вихід переповнення кожного з яких підключений до однойменного інформаційного входу регістра, вхід аналого-цифрового перетворювача є входом пристрою, при цьому розрядні виходи аналого-цифрового перетворювача підключені до розрядних інформаційних входів групи регістрів і до вхо-

дів елементів групи HI, виходи яких з'єднані з першими входами суматорів, другі входи яких підключені до однойменних виходів групи регістрів, вихід i-го (i=1,...,N) суматора з'єднаний з першим входом i-го елемента I, другі входи елементів I об'єднані і підключені до тактового виходу аналого-цифрового перетворювача, який відрізняється тим, що додатково введений пристрій обчислення ковзного математичного сподівання, входи якого підключені до відповідних виходів аналого-цифрового перетворювача, а виходи пристрою обчислення ковзного математичного сподівання підключені до входів додатково введеного квадратора, виходи якого підключені до паралельних входів додатково введених суматорів, послідовні входи яких підключені до інвертованих виходів додатково введених квадраторів, входи яких підключені до виходів елементів I, а виходи суматорів підключені до входів додатково введеного пірамідального суматора, вихід якого підключений до входу додатково введеного дешифратора, вихід якого є кодовим виходом пристрою.

Пристрій для визначення автокореляційної міри ентропії відноситься до засобів обчислювальної техніки і може бути використаний для розрахунку ентропії випадкових процесів шляхом розрахунку ентропії на основі кореляційної міри ентропії.

Відомий аналог - пристрій для визначення ковзного середнього випадкових процесів [Николайчук Я.Н., Гнатив Л.А., Турчанинов Ю.Н. Устройство для определения скользящего среднего случайных процессов //А.С. СССР №943743. - Бюллетень №26. - 1982], який містить формувач унітарних сигналів, однорідне обчислювальне середовище, багатоканальний перетворювач унітарних сигналів у двійковий код, повний двійковий суматор і тактувальний RS-тригер.

Недоліком такого пристрою є обмежені функціональні можливості, які обумовлені тим, що даний пристрій визначає тільки компоненти інтегральної оцінки ентропії у вигляді ковзного середнього випадкових процесів, згідно формули:

$$M_x = \frac{1}{n} \sum_{i=i+j}^{n+j} x_{i+j}, \quad (1)$$

де x_i - цифрові відліки випадкового процесу; n - об'єм вибірки; j=0,1,2... k - ковзний зсув

Відомий прототип - багатоканальний пристрій для обчислення функції еквівалентності [Николайчук Я.Н., Ищеряков С.М. Многоканальное устройство для вычисления функции эквивалентности //А.С. СССР №1317455. - Бюллетень №22. - 1987], який містить аналого-цифровий перетворювач, синхронізатор, групу з N регістрів, N лічильників, входи запису регістрів групи об'єднані з входом запуску аналого-цифрового перетворювача та підключені до першого виходу синхронізатора, другий вихід якого з'єднаний з входами скидання лічильників, вихід переповнення кожного з яких підключений до однойменного інформаційного входу регістра, вхід аналого-цифрового перетворювача є входом пристрою, також з метою скоро-

(13) U

(11) 58743

(19) UA

чення обладнання в нього введені N суматорів, N елементів I , елемент АБО, група елементів НЕ, розрядні виходи аналого-цифрового перетворювача підключені до розрядних інформаційних входів регістрів групи i до входів елементів групи НЕ, виходи яких з'єднані з першими входами суматорів, другі входи яких підключені до однойменних виходів регістрів групи, вихід i -го ($i=1, \dots, N$) суматора з'єднаний з першим входом i -го елемента I , другі входи елементів I об'єднані і підключені до тактового виходу аналого-цифрового перетворювача, вихід i -го елемента I з'єднаний з рахунковим входом i -го лічильника і з i -м входом елементи АБО, вихід якого підключений до входу, записи регістру, виходи регістра є виходами пристрою, вихід i -го лічильника з'єднаний з i -м інформаційним входом регістра.

Недоліком багатоканального пристрою для обчислення функції еквівалентності є обмежені функціональні можливості, які обумовлені тим, що даний пристрій визначає тільки кореляційний компонент інтегральної оцінки ентропії у вигляді кореляційної функції еквівалентності, згідно формули:

$$F_{xx} = \sum_{i=1}^{m \vee} Z_{i,j}, \quad (2)$$

$$\text{де } Z_{i,j} = \begin{cases} x_i, x_i \leq x_{i+j} \\ x_{i+j}, x_i > x_{i+j} \end{cases} \text{ - цілочисельна функція з округленням до більшого.}$$

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення та розширення функціональних можливостей шляхом реалізації пристрою обчислення ентропії на основі виразу автокореляційної міри ентропії:

$$I_x(R) = \hat{E} \left[\frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (D_x^2 - R_{xx}^2(j)) \right], \quad (3)$$

де $\hat{E}[\]$ - цілочисельна функція з округленням до більшого

$\overset{\circ}{x}_i = x_i - M_x$ - центровані значення масиву даних;

$D_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\overset{\circ}{x}_i - M_x)^2$ - дисперсія значень x_i ;

$M_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ - математичне сподівання;

$R_{xx}(j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{\overset{\circ}{n}-j} \overset{\circ}{x}_i \cdot \overset{\circ}{x}_{i+j}$ - автокореляційна функція;

m - число точок функції $R_{xx}(j)$ на інтервалі кореляції [Николайчук Я.М. Теорія джерел інформації. - Тернопіль ТНЕУ, 2008. - 536с.].

У зв'язку з тим, що $R_{xx}(j) = 2K_{xx}(j) + M_x^2$, а

$$K_{xx}(j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{\overset{\circ}{n}-j} \left(\overset{\circ}{Z}_{i+j} \right)^2, D_x = (F_{xx})^2 + 2(M_x)^2, \text{ то підставляючи ці значення у формулу (3), отримаємо оцінку ентропії в наступному вигляді}$$

$$I_x(F) = \hat{E} \left[\log_2 \frac{1}{m} \left(M_x^2 - F_{xx}^2 \right) \right], \quad (4)$$

де $m=2^k$, $k=8, 16, 32, \dots$

Оцінки кореляційних мір ентропії на основі автокореляційної функції і функції еквівалентності є еквівалентні в тому, що поведінка їх кореляційних функцій R_{xx} і F_{xx} є однаковою з тією різницею, що R_{xx} представляється в квадратичному просторі, а F_{xx} в лінійному. З цього виходить, що коефіцієнт $\frac{1}{2}$ у виразі (4) відсутній.

Поставлена задача вирішується, завдяки тому що пристрій для визначення автокореляційної міри ентропії містить аналого-цифровий перетворювач, синхронізатор, групу з N регістрів, N елементів I , N суматорів, група елементів НЕ, входи запису групи регістрів, які об'єднані з входом запуску аналого-цифрового перетворювача та підключені до першого виходу синхронізатора, вихід переповнення кожного з яких підключений до однойменного інформаційного виходу регістра, вхід аналого-цифрового перетворювача є входом пристрою, при цьому розрядні виходи аналого-цифрового перетворювача підключені до розрядних інформаційних входів групи регістрів і до входів елементів групи НЕ, виходи яких з'єднані з першими входами суматорів, другі входи яких підключені до однойменних виходів групи регістрів, вихід i -го ($i=1, \dots, N$) суматора з'єднаний з першим входом i -го елемента I , другі входи елементів I об'єднані і підключені до тактового виходу аналого-цифрового перетворювача, згідно з корисною моделлю додатково введений пристрій обчислення ковзного математичного сподівання, входи якого підключені до відповідних виходів аналого-цифрового перетворювача, а виходи пристрою обчислення ковзного математичного сподівання підключені до входів додатково введеного квадратора, виходи, якого підключені до паралельних входів додатково введених суматорів, послідовні входи яких підключені до інвертованих виходів додатково введених квадраторів, входи яких підключені до виходів елементів I , а виходи суматорів підключені до входів додатково введеного пірамідального суматора, вихід якого підключений до входу додатково введеного дешифратора, вихід якого є кодовим виходом пристрою.

У формулі (4) додаткове введення пристрою обчислення ковзного математичного сподівання дозволяє обчислювати математичне сподівання, квадраторів - підносити значення до квадрату, суматорів - сумувати значення, дешифратора - знаходити логарифм.

Корисна модель ілюструється кресленням, де на фіг.1 показані графіки кореляційної функції (графік а) і функції еквівалентності (графік б) асимптотики оцінок автокореляційних мір ентропії згідно виразів (3) (графік в) і (4) (графік г). На фіг.2 зображена структурна схема пристрою: 1 - аналого-цифровий перетворювач; 2 - група регістрів; 3 - синхронізатор; 4 - група елементів НЕ; 5 - суматори; 6 - елементи I ; 7 - пристрій обчислення ковзного математичного сподівання; 8 - квадратор; 9 - квадратори; 10 - група суматорів; 11 - пірамідаль-

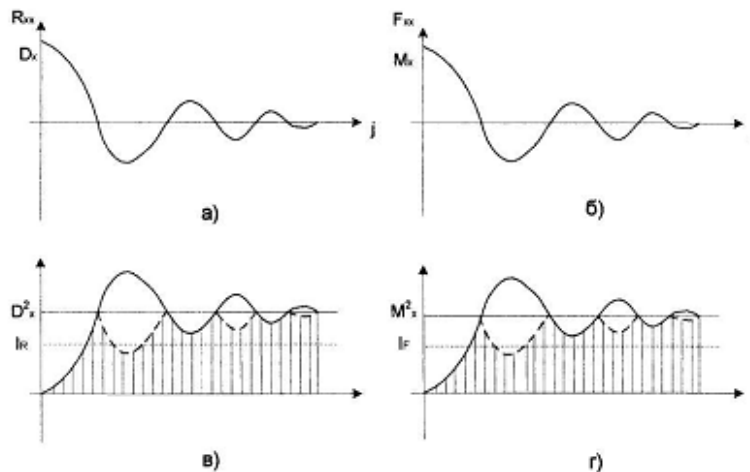
ний суматор; 12 - дешифратор; i_x - значення автокореляційної міри ентропії.

Пристрій працює наступним чином.

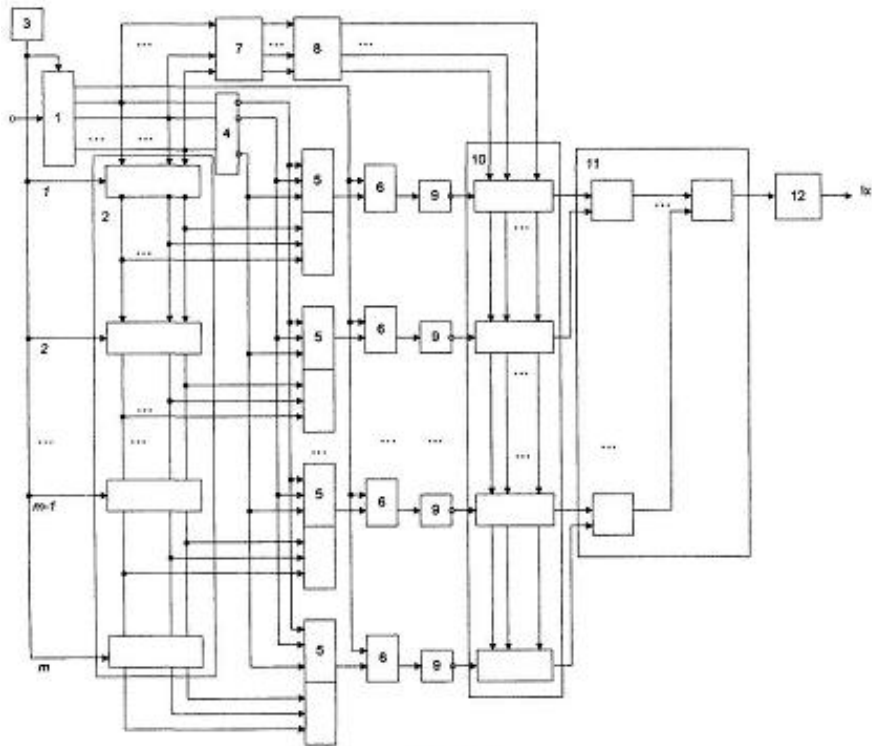
На початку кожного циклу вимірювання на виході синхронізатора 3 формується короткий імпульс, по фронту наростання якого здійснюється зсув в групі регістрів 2, а по фронту спаду запуск аналого-цифрового перетворювача 1. При запуску аналого-цифрового перетворювача 1 його виходи скидаються в нульовий стан, що викликає появу одиничних потенціалів на перших входах двійкових суматорів 5. При цьому формуються поодинокі потенціали на тих виходах перенесення суматорів 5, які містять у своїх каскадах групи регістрів 2 коди, відмінні від нуля. На унітарному виході аналого-цифрового перетворювача 1 формується унітарний код поточного значення вхідного процесу. Одночасно з цим на аналогічних виходах аналого-цифрового перетворювача 1 формується лінійна зростаюча послідовність двійкових кодів, останній з яких дорівнює поточному значенням вхідного процесу. В результаті в суматорах 5 проводиться порівняння кодів, що зберігаються в групі 2 і коду поточного відліку. Якщо значення відліку в j -му регістрі групи 2 менше від поточного значення ($x_{i+j} < x_i$), то в момент збігу кодів на виході двійкового j -го суматора 5 формується сигнал логічного нуля, що закриває свій елемент І 6. Таким чином, з виходу елемента І 6 на відповідний квадратор 9

надходить унітарний код, рівний значенню $Z_{i,j}=x_{i+j}$. Якщо значення відліку в j -му регістрі групи 2 більше поточного значення ($x_{i+j} > x_i$), то формування сигналу логічного нуля на виході j -го суматора 5 не відбувається, за рахунок чого на вхід j -го квадратора 9 надходить унітарний код значення $Z_{i,j}=x_i$. Значення з інверсних виходів квадраторів 9 подається на входи групи суматорів 10 і додається з доповнюючим кодом квадрату ковзного математичного сподівання, який формується на виході квадратора 8. Значення M_x визначається в пристрої для обчислення ковзного математичного сподівання 7, який працює, як показано в аналогу. В результаті в кожному N -му елементі суматора 10 формується результат додавання текучого інверсного коду квадратора 9 з доповнюючим кодом квадратора 8, що відповідає операції віднімання квадратів $M_x^2 - F_x^2$. При цьому оскільки M_x^2 завжди

більший F_x^2 , то результат операції завжди буде додатний і представлений в прямому нормалізованому коді. Дані всіх суматорів додаються в пірамідальному суматорі 11 і поступають на вхід дешифратора 12, який виконує функцію цифрового логарифмування та округлення до більшого цілого. Вихід дешифратора 12 є кодовим виходом пристрою.



Фиг. 1



Фиг. 2